



# De la pertinence des mesures gravitaires de l'accessibilité: démonstration par la théorie et l'exemple

Aurélie Mercier, Charles Raux, Nicolas Ovtracht

## ► To cite this version:

Aurélie Mercier, Charles Raux, Nicolas Ovtracht. De la pertinence des mesures gravitaires de l'accessibilité: démonstration par la théorie et l'exemple. Department for Urban Structure and Transport Planning (Ed). Mobil.TUM 2008. International Conference on Mobility and Transport, April 8-9, 2008, Munich, Germany, 2008, Munich, Allemagne. halshs-00283260

**HAL Id: halshs-00283260**

**<https://shs.hal.science/halshs-00283260>**

Submitted on 15 Oct 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MERCIER A., RAUX C., OVTRACHT N. *De la pertinence des mesures gravitaires de l'accessibilité: démonstration par la théorie et l'exemple*. Department for Urban Structure and Transport Planning (Ed). Mobil.TUM 2008. International Conference on Mobility and Transport, Munich, Germany, April 8-9, 2008, 12 p.  
<http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00283260/fr/>

# **De la pertinence des mesures gravitaires de l'accessibilité : démonstration par la théorie et l'exemple**

**Aurélié Mercier, Charles Raux and Nicolas Ovtracht**

*Laboratoire d'Economie des Transports, (CNRS, Université Lyon 2, ENTPE), Lyon, France*

## **Abstract**

This paper argues for the interest of gravity accessibility index associated to GIS in economic assessment. In a first part the article proves that gravity accessibility indicators are consistent with the Surplus Theory. Then gravity accessibility calculations are made on Strasbourg area before and after tram lines implementations. These calculations underline both the possibility to take into account the population heterogeneity with a semi-disaggregated analysis and the possibility to consider a detailed zonal approach with an appropriated GIS. Cartographic illustrations of results underline that GIS are interesting tools to take public decisions.

## **Introduction**

L'évaluation des politiques urbaines et des infrastructures de transport repose sur le concept de variation de surplus et intègre de ce fait l'accessibilité spatiale aux aménités urbaines. La littérature recense une grande variété d'indicateurs d'accessibilité. Les premières mesures de l'accessibilité (Hansen, 1959) traduisent une représentation gravitaire de l'interaction spatiale et font référence à un arbitrage entre l'utilité de l'activité à destination et la désutilité du déplacement. A leur suite, les approches issues de la *Time-Geography*, parfois combinées avec la théorie des choix discrets, considèrent les programmes d'activités et les contraintes spatio-temporelles des individus. De ces travaux ont émergé plusieurs critiques envers l'indicateur d'accessibilité gravitaire pour justifier sa mise à l'écart. Ces critiques peuvent être examinées pour juger de leur pertinence et réhabiliter ce type d'indicateur.

Selon Miller (1999), l'indicateur gravitaire manquerait de fondement comportemental. Nous allons montrer, qu'au contraire, cet indicateur d'accessibilité se déduit directement du modèle d'interaction spatiale gravitaire, ce modèle faisant partie d'un ensemble particulier de modèles de comportement. De ces modèles, qui ont la propriété d'objectiver les préférences des individus, peuvent être déduits des indicateurs d'accessibilité permettant de calculer le surplus d'un projet.

Une deuxième critique (Dong et al, 2006) souligne que l'accessibilité gravitaire ne prend pas en compte l'hétérogénéité de la population de chaque zone et qu'elle considère une approche zonale trop grossière, compte tenu des distances et de leur impact sur les coûts de transport. Ainsi dans la seconde partie du papier, nous montrerons par un exemple qu'il est possible de mener des analyses semi-désagrégées de l'accessibilité et que l'utilisation d'un SIG suffisamment précis permet d'envisager l'accessibilité à un niveau zonal très fin. La mise en œuvre de ces mesures gravitaires grâce à l'utilisation d'un SIG présente un double intérêt tant dans la simulation que dans la représentation de l'accessibilité. En termes de simulation, le SIG, grâce à différentes couches représentant les différents réseaux de transports, permet de calculer précisément le temps de transport selon les modes et le niveau de congestion sur chacun des deux réseaux. En termes de représentation, le SIG traduit les résultats sous forme cartographique et met ainsi clairement en évidence les zones accessibles.

La cohérence théorique entre modèle de comportement, mesure d'accessibilité et calcul de surplus, est exposée en section 2. La section 3 présente le contexte et les objectifs de l'application de calculs d'accessibilité au cas de Strasbourg. La section 4 illustre la pertinence du SIG pour le calcul de l'accessibilité gravitaire avant d'envisager une application au cas de l'agglomération strasbourgeoise en section 5.

## Modèle de comportement, accessibilité et surplus

Dans cette section nous rappelons l'état de l'art de la cohérence entre la modélisation des comportements de déplacement et le calcul de l'accessibilité puis du surplus. La discussion concerne principalement le modèle d'interaction spatiale gravitaire, que nous utilisons par la suite, mais cette cohérence s'applique également au cas des modèles de choix discret à utilité aléatoire (Raux et al, 2007).

Le modèle gravitaire (Wilson, 1970)<sup>1</sup> a été développé pour modéliser la distribution spatiale des déplacements entre origines et destinations. Il suppose que l'espace où se déroulent ces déplacements ait été découpé en zones reliées entre elles par le réseau de transport, dont la performance sera représentée par un coût généralisé de déplacement.

Le coût généralisé d'un déplacement est la combinaison d'une composante monétaire et d'une composante temporelle du déplacement, cette dernière valorisée par une valeur du temps. Ce coût généralisé s'écrit pour un individu et sur une liaison donnée :

$$c = p + vt \quad (1)$$

où  $p$  est le coût monétaire du déplacement,  $t$  sa durée et  $v$  la valeur du temps de l'individu.

La loi de distribution des déplacements s'exprime ainsi :

$$T_{ij} = \alpha O_i \frac{D_j f(c_{ij})}{\sum_k D_k f(c_{ik})} \quad (2)$$

où :

$\alpha$  est un paramètre du modèle,

$T_{ij}$  est le flux de déplacements de la zone  $i$  vers la zone  $j$ ,

$O_i$  la « masse » émettrice de la zone origine  $i$  (exemple, le nombre d'actifs dans la zone  $i$ ),

$D_j$  la « masse » attractive de la zone de destination  $j$  (exemple, le nombre d'emplois dans la zone  $j$ ),

$f(c_{ij})$  une fonction de résistance au déplacement, avec  $c_{ij}$  le coût généralisé de déplacement de la zone  $i$  vers la zone  $j$ ,

avec une contrainte  $\sum_j T_{ij} = \alpha O_i$  (le total des flux de déplacements originaires de  $i$  est proportionnel au nombre d'actifs en  $i$ ).

Le calage économétrique s'appuie en général sur une fonction de résistance de forme exponentielle négative, soit :

$$f(c_{ij}) = \exp(-\beta c_{ij}) \quad (3)$$

$$\text{On définit } A_i = \sum_j D_j \exp(-\beta c_{ij}) \quad (4)$$

indicateur d'accessibilité le plus courant (Hansen, 1959) : on retrouve le dénominateur du modèle (1).

La variation de surplus, dérivée du modèle gravitaire, entre une situation 1 (avant) et une situation 2 (après), associée à une zone particulière  $i$ , peut se calculer ainsi (Dupuit, 1844) :

$$\Delta S_i = - \sum_j \int_{c_{ij}^1}^{c_{ij}^2} T_{ij} dc_{ij} \quad (5)$$

---

<sup>1</sup> Cette présentation a été adaptée et enrichie à partir de Bonnafous et Masson (2003).

Soulignons que la variation de surplus couvre deux types de comportements des usagers en réaction à une baisse de coût généralisé, par exemple un gain de temps consécutif à la mise en œuvre d'un tramway ou d'une voie rapide urbaine : d'une part, ceux qui utilisent ce temps gagné sur les déplacements dans d'autres activités que la mobilité, d'autre part ceux qui investissent ce temps gagné dans une intensification de leur mobilité (apparition de nouveaux déplacements ou augmentation de la portée de ceux-ci). Ce dernier type de comportement désigne bien le « trafic induit », celui qui profite des opportunités nouvelles de destination offertes par une amélioration de l'offre de transport.

Neuburger (1971) a montré qu'avec le modèle (2) la variation de surplus de la zone  $i$  s'écrivait :

$$\Delta S_i = \frac{O_i}{\beta} \ln \left( \frac{\sum_k D_k \exp(-\beta c_{ik}^2)}{\sum_k D_k \exp(-\beta c_{ik}^1)} \right) = \frac{O_i}{\beta} (\ln A_i^2 - \ln A_i^1) \quad (6)$$

Le calcul de variations d'accessibilité spatiale de Hansen à partir d'un modèle de distribution spatiale de type gravitaire, est donc cohérent avec le calcul économique classique de surplus.

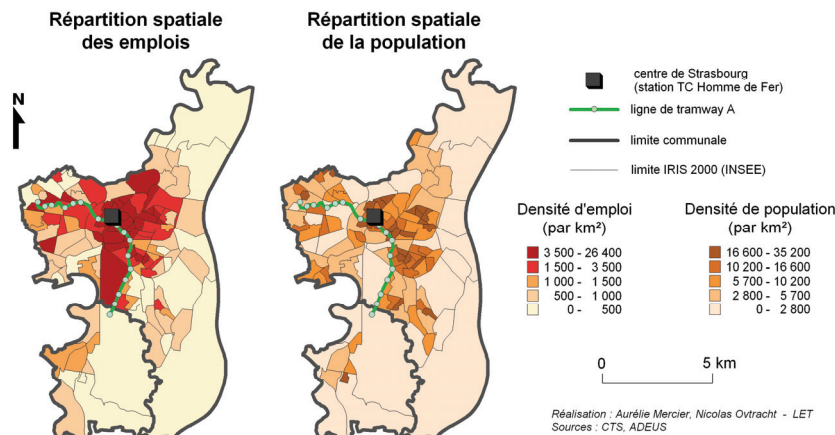
En développant la « théorie de l'accessibilité urbaine », Koenig (1974) arrive à un résultat identique à celui de Neuburger en matière de surplus lié à l'accessibilité, mais sur la base d'hypothèses fondées dans la théorie micro-économique du consommateur : 1) à chaque destination (exemple, l'emploi) le consommateur associe une utilité nette, différence entre l'utilité brute de la destination (exemple, le salaire) et le coût généralisé du déplacement ; 2) l'utilité brute d'une destination est une variable aléatoire de loi de distribution exponentielle négative. Les déplacements des consommateurs se répartissent alors selon la loi de distribution gravitaire.

Small et Rosen (1981) ont explicité les conditions dans lesquelles le calcul économique pouvait être adapté au cas des modèles de choix discrets (Ben-Akiva et Lerman, 1985), notamment pour une classe particulière de ces modèles, ceux pour lesquels la fonction d'utilité est séparable de manière additive (*LRUM Linear Random Utility Model*) : c'est le cas du modèle de choix discret fondé sur la théorie de l'accessibilité (Ben Akiva et Lerman, 1979).

## Présentation de l'étude

Une fois explicités les fondements théoriques sur lesquels repose l'indicateur d'accessibilité gravitaire, nous pouvons envisager son application au cas d'étude de Strasbourg.

Dans notre étude, nous développons des calculs d'accessibilité gravitaire sur les deux communes contiguës de Strasbourg et Illkirch-Graffestaden. Le choix de cette aire d'étude se justifie par le fait qu'une politique de transport favorable aux transports en commun ait été mise en place sur ces deux communes. Ainsi le réseau de transports en commun a été réorganisé avec en point d'orgue la mise en service de quatre lignes de tramway entre 1994 et 2005. La commune de Strasbourg qui compte 264 115 habitants (en 1999) répartis sur 78 km<sup>2</sup> est considérée comme la 7ème ville de France au sens de l'INSEE. Les résultats du recensement de 1999 font apparaître une adéquation globale entre la localisation de la population et celle des emplois (cf. Carte 1). La population résidant à Strasbourg est surtout localisée dans les quartiers du Centre et de l'Est de la ville, tandis que les emplois se concentrent dans le centre-ville élargi (soit sur une surface de 11 km<sup>2</sup>). Notons que les emplois apparaissent encore plus concentrés que la population dans la mesure où leur densité décroît rapidement lorsque l'on s'éloigne du centre. Si la localisation de la population semble héritée de l'évolution géographique de la ville et des politiques d'habitat, la concentration des emplois s'explique par la prégnance du secteur tertiaire, activités centrales par excellence. Soulignons toutefois la présence de zones d'activités industrielles situées dans la partie est de Strasbourg.



**Carte 1: répartition des emplois et de la population**

### *Les objectifs de l'étude*

A travers l'exemple Strasbourgeois, le premier objectif de notre étude consiste à simuler et analyser la variation d'accessibilité gravitaire, en heure de pointe, pour les usagers des transports en commun et pour les automobilistes suite à la mise en place des quatre lignes de tramway. Par le biais de l'indicateur d'accessibilité, nous évaluerons ainsi ex-post l'impact de la politique des transports sur le niveau d'accessibilité des actifs empruntant (réellement ou potentiellement) la voiture ou les transports en commun pour se rendre sur leur lieu de travail. Un autre objectif vise à utiliser l'outil mis en place pour envisager des scénarios prospectifs. Au travers des deux leviers d'action que sont la baisse du temps de déplacement en transports en commun et l'accroissement du coût d'utilisation de l'automobile, nous chercherons donc à savoir comment améliorer le différentiel d'accessibilité en faveur des usagers des transports en commun.

### *Une analyse de l'accessibilité en trois étapes*

Pour répondre à ces différents objectifs, trois étapes d'analyse seront mises en place :

- Une première étape vise à évaluer l'impact de la mise en service des quatre lignes de tramway en termes d'accessibilité. Nous envisagerons ainsi les niveaux d'accessibilité pour les usagers des transports en commun avant et après l'arrivée du tramway.
- Les étapes 2 et 3 illustrent la concurrence modale entre voiture particulière et transports en commun.
  - La deuxième étape envisage tout d'abord le différentiel d'accessibilité entre ces deux modes, avant et après la mise en service du tramway, pour pouvoir dans une troisième étape mettre en œuvre des simulations.
  - La troisième étape est consacrée à un scénario prospectif. Nous partons de l'hypothèse que l'ensemble des lignes de bus bénéficie d'un site propre. Dès lors la vitesse des lignes de bus augmente et le temps de déplacement des usagers de transports en commun diminue. Cet accroissement de la compétitivité des bus génère certes une amélioration de l'accessibilité globale en transports en commun par rapport à l'accessibilité automobile mais au prix d'un coût élevé pour la collectivité (mise en site propre de l'intégralité du réseau de bus, réduction de la place de l'automobile...). Nous cherchons donc à savoir dans quelle mesure une hausse des coûts monétaires liés à l'utilisation de l'automobile peut aboutir au même niveau d'accessibilité global, sur l'ensemble de l'aire d'étude. Autrement dit, nous simulons le montant de la taxe à appliquer aux automobilistes pour que l'accessibilité globale des usagers des transports en commun se rapproche au maximum de celle des automobilistes.

## **L'apport du SIG pour mesurer l'accessibilité gravitaire aux emplois**

L'accessibilité peut être mesurée pour différents types d'opportunités tels que les emplois, les lieux d'achats (ou de loisirs) ou encore les logements. Nous avons choisi de nous intéresser dans cette étude à l'accessibilité aux emplois. Certes, les déplacements à destination du travail ne représentent que 16% des déplacements réalisés dans la Communauté Urbaine de Strasbourg, mais outre leur caractère répétitif, ils présentent la particularité d'avoir une origine et une destination quasi invariantes (pour un individu donné). En déterminant fortement le choix du lieu de domicile, ces déplacements constituent un élément majeur à considérer pour la mise en place de politiques urbaines et de transport. L'accessibilité est déterminée en considérant les déplacements en période de pointe, ces derniers servant de référence pour dimensionner l'offre de transport tant pour les infrastructures routières que pour l'offre de transports en commun.

L'accessibilité aux emplois est calculée à partir de la formule de l'accessibilité gravitaire précédemment définie (équation (4)) et ce, pour les usagers de la voiture particulière et des transports en commun, à l'heure de pointe du matin soit entre 7h et 9h.

Le calcul de l'accessibilité gravitaire nécessite une démarche en deux temps : déterminer le coût généralisé des déplacements pour chacun des modes ainsi que le nombre d'opportunités à destination. Si ce dernier élément peut être directement obtenu, il est en revanche nécessaire de procéder à une série de calculs pour déterminer le coût généralisé.

Suivant l'équation (1), le coût généralisé combine une composante monétaire et une composante temporelle. La composante temporelle s'obtient en pondérant le temps de déplacement par une valeur du temps prédéfinie tandis que la composante monétaire est déterminée en pondérant la distance effectuée par le coût de revient d'un kilomètre (pour les déplacements automobiles) et en prenant en compte le coût moyen d'un déplacement pour l'utilisateur (pour les déplacements en transports en commun). Afin de calculer le coût généralisé pour chaque type de déplacements il est donc nécessaire de déterminer les distances et les temps de déplacement. Ces deux variables principales sont obtenues à partir de modélisation et d'analyses avec le logiciel DAVISUM<sup>2</sup>.

Ainsi au cours de cette sous-section, nous présenterons tout d'abord la structuration du Système d'Information Géographique avant de nous intéresser au détail des calculs du coût généralisé. Dès lors, l'accessibilité pourra être déterminée.

### *Structuration du Système d'Information Géographique (SIG)*

Le SIG a été créé sous Mapinfo puis exporté sous DAVISUM afin de calculer les temps de déplacement. Il comporte cinq couches dont trois dédiées aux réseaux de transport (deux couches pour les TC et une pour les VP).

Le réseau routier a été créé à partir d'un plan papier numérisé représentant l'ensemble des axes de circulation de l'aire d'étude. Chaque tronçon est caractérisé par sa vitesse à vide (dépendant de la catégorie du tronçon), sa vitesse « en charge », sa capacité à vide, son volume de trafic et son sens de circulation (sens unique ou double sens). La vitesse « en charge » en heure de pointe correspond aux conditions réelles de circulation. Elle a été calculée à partir des données de trafics (issues de l'enquête ménages déplacement de 1997 et de comptages de la DDE<sup>3</sup> Alsace) de la vitesse « à vide » des différents tronçons en appliquant la formule de Smocks<sup>4</sup>.

Contrairement au réseau routier qui a peu évolué entre 1993 et 2005, le réseau de transport en commun a connu de nombreux changements. De ce fait, le SIG représente sur deux couches séparées le réseau TC dans sa configuration de 1993 et dans sa configuration de 2005. Les deux réseaux ont été construits à partir des plans papier correspondants

---

<sup>2</sup> DAVISUM : logiciel de modélisation et d'analyse du trafic

<sup>3</sup> Direction Départementale de l'Équipement

<sup>4</sup> Reprise in Ortuzar et Willumsen, 2001

produits par la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS). Chacun des tronçons des deux réseaux présente les attributs suivants :

- Le numéro de ligne : 29 lignes de bus en 1993, 33 lignes de bus et 4 lignes de tramway en 2005
- La fréquence (en minute)
- La vitesse, calculée à partir des fiches horaires de chaque ligne

Parallèlement à ces trois réseaux, le SIG comporte une couche découpant le territoire d'étude en « micro-zones » de 250 m x 250 m ainsi qu'une couche faisant apparaître le nombre d'emplois pour chacune de ces « micro-zones ».

### *Détermination du coût généralisé*

#### Calcul de la composante monétaire

Le coût monétaire d'un déplacement automobile est établi en additionnant le coût moyen de l'utilisation d'une automobile (0.36 € pour 2005 et 0.3 € en 1994) et le coût moyen du stationnement dans le centre-ville<sup>5</sup>. Ce coût calculé à partir des données de la Fédération Française des Automobiles Clubs (2006<sup>6</sup>, 1995) intègre l'achat du véhicule, les frais financiers, l'assurance, le carburant, l'entretien du véhicule et la vignette. La distance de déplacement est calculée par un algorithme de recherche de plus court chemin dans un graphe.

En ce qui concerne les transports en commun, sur le réseau strasbourgeois, le tarif ne dépend pas de la distance parcourue. Nous fixons le prix moyen du déplacement à partir du prix du ticket unitaire et de l'abonnement ainsi que de la part des actifs abonnés à 0.99 € en 1994 et à 1.07 € en 2005.

#### Calcul de la composante temporelle

Le temps de transport est calculé séparément pour les deux modes. Au-delà du temps de transport sur le réseau à proprement parler, il faut considérer l'accès au réseau et les trajets terminaux et, pour les usagers des transports en commun, les temps d'attente au départ et en correspondance.

- La composante temporelle pour les automobilistes

Compte tenu des particularités de notre étude<sup>7</sup>, les temps d'accès au réseau routier et les temps de trajet terminaux se résument à un temps de marche à pied et nous considérons une vitesse d'accès au réseau de 3.5 km/h.

Le temps de transport en voiture entre deux points est établi à partir de l'affectation d'une vitesse à chaque tronçon routier. Les vitesses ont été obtenues en simulant le niveau de congestion à partir des données de trafic par Origine-Destination issues de l'enquête ménage déplacement réalisée sur Strasbourg en 1997. Elles tiennent également compte de la vitesse et de la capacité à vide de chaque tronçon.

Les temps de trajets terminaux correspondent au temps de recherche d'une place stationnement. Nous considérons que seul le stationnement dans le centre-ville nécessite un temps de recherche. Ce dernier est évalué à 8 minutes en considérant le trafic automobile vers le centre-ville (données enquête ménages déplacements de 1997) et les capacités de stationnement d'après la relation fonctionnelle de Cullinane, 1993.

- La composante temporelle pour les usagers des transports en commun

De la même façon, le temps d'accès au réseau de transports en commun depuis un point quelconque de l'aire d'étude est calculé pour une distance à vol d'oiseau, entre ce point et la station du réseau la plus proche, parcourue à 3.5 km/h. Le même raisonnement est appliqué pour les temps de trajet terminaux.

---

<sup>5</sup> On pose l'hypothèse que le stationnement est gratuit hors du centre-ville.

<sup>6</sup> Source : <<http://www.automobileclub.org/budget/2005/>>

<sup>7</sup> Nous travaillons sur des zones de très petite taille et nous prenons en compte l'ensemble du réseau routier (y compris le réseau secondaire).



Le temps de déplacement est calculé à partir de la vitesse et de la fréquence (permettant de tenir compte des temps d'attente aux correspondances) des différentes lignes de bus, et de tramway (pour le réseau 2005). Comme le Commissariat Général du Plan, les éléments de confort doivent être pris en compte pour "réfléter pleinement les préférences des usagers des transports collectifs". Dès lors dans nos calculs, les temps de rabattement et d'accès aux destinations à pied ainsi que les temps d'attente (au départ ou en correspondance) sont doublés.

Quel que soit le mode envisagé, le coût temporel est exprimé en unité monétaire en pondérant le temps de transport par une valeur du temps<sup>8</sup> de 12 €/h en 2005 et de 10.2 €/h en 1994 (valeur en euro 2005).

### *Calcul de l'accessibilité*

Outre les couches dédiées aux réseaux de transport, le SIG intègre une couche dédiée à la localisation des emplois par « micro-zone ». Ce nombre d'emplois par zones a été calculé proportionnellement au nombre d'emplois à l'échelle Iris 2000, fourni par la société EXPERIAN. Plus précisément, derrière l'expression « nombre d'emplois », nous considérons le nombre d'emplois répertorié dans le fichier SIREN (de l'INSEE) pour les établissements de plus de 1 salarié auquel on ajoute le nombre d'établissements sans salarié.

Le nombre d'emplois est pondéré par une fonction de résistance en application de l'équation (4). La valeur du paramètre  $\beta$  s'obtient par le calage du modèle gravitaire à partir des comportements de déplacements observés sur l'aire d'étude considérée. Ainsi, sur le périmètre de l'Enquête Ménages Déplacements de 1997, la valeur du paramètre  $\beta$  pour le motif domicile-travail est estimée à 0.22. A l'issue de ces différentes étapes, nous obtenons l'accessibilité aux emplois depuis n'importe quelle zone de l'aire d'étude.

## **Résultats**

Cette quatrième section présente les résultats cartographiques des trois étapes d'analyse présentées dans la section 3. Chaque étape correspond ainsi à une question relative à l'évaluation ex-post de la politique de transport. L'indice d'accessibilité calculé pour chaque zone correspond à l'accessibilité depuis cette zone à l'ensemble des emplois des autres zones de l'aire d'étude, soit en voiture particulière (VP) soit en transports en commun (TC).

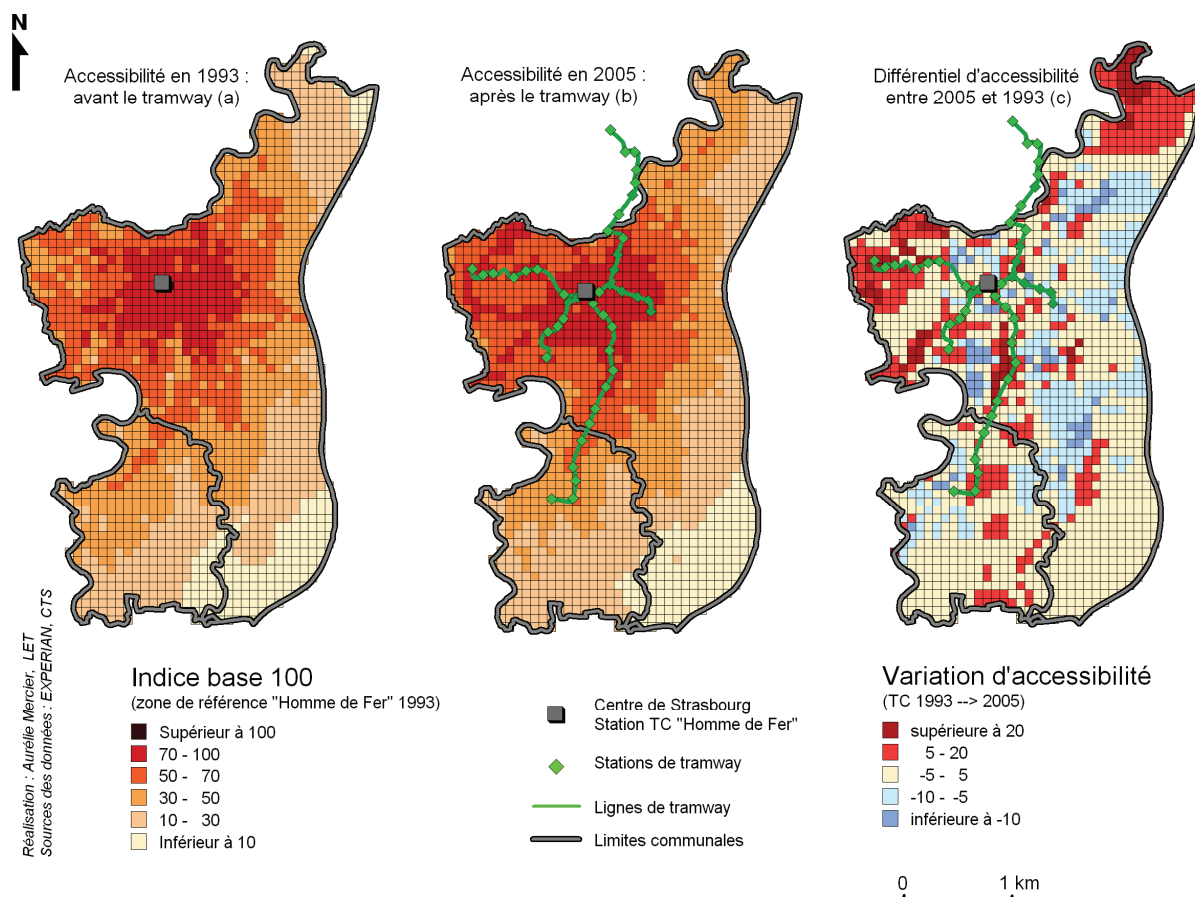
### *Quel est l'impact de la politique de transport sur l'accessibilité aux emplois en transport en commun?*

La Carte 2 illustre l'impact de la mise en place de quatre lignes de tramway sur le niveau d'accessibilité en transports en commun. Les figures (a) et (b), représentant respectivement l'accessibilité en 1993 et en 2005, soulignent une hausse de l'accessibilité globale. Toutefois cette amélioration de l'accessibilité s'applique essentiellement à des zones centrales qui bénéficiaient déjà d'un bon niveau d'accessibilité avant l'arrivée du tramway. A l'inverse, l'impact du tramway sur les zones périphériques est plus discutable. Les zones dont l'indice était compris entre 20 et 50 en 1993 n'ont pas vu leur accessibilité s'améliorer. Peut-on parler alors « d'effet tramway » pour les usagers des transports en commun? Oui dans la mesure où d'après la figure (c), certaines zones localisées à proximité des terminus, tel l'ouest de Strasbourg, ou traversées par le tramway, ont vu leur accessibilité croître de plus de 20 points. Le tramway n'a pas vocation à renforcer les zones bénéficiant déjà en 1993 une bonne accessibilité, telles les zones centrales par exemple, mais bien à développer l'accessibilité des zones périphériques. L'objectif est ainsi d'offrir une réelle alternative à l'automobile.

---

<sup>8</sup> Commissariat Général du Plan, Transports : choix des investissements et coût des nuisances, 2001.

## Evolution de l'accessibilité en transports en commun

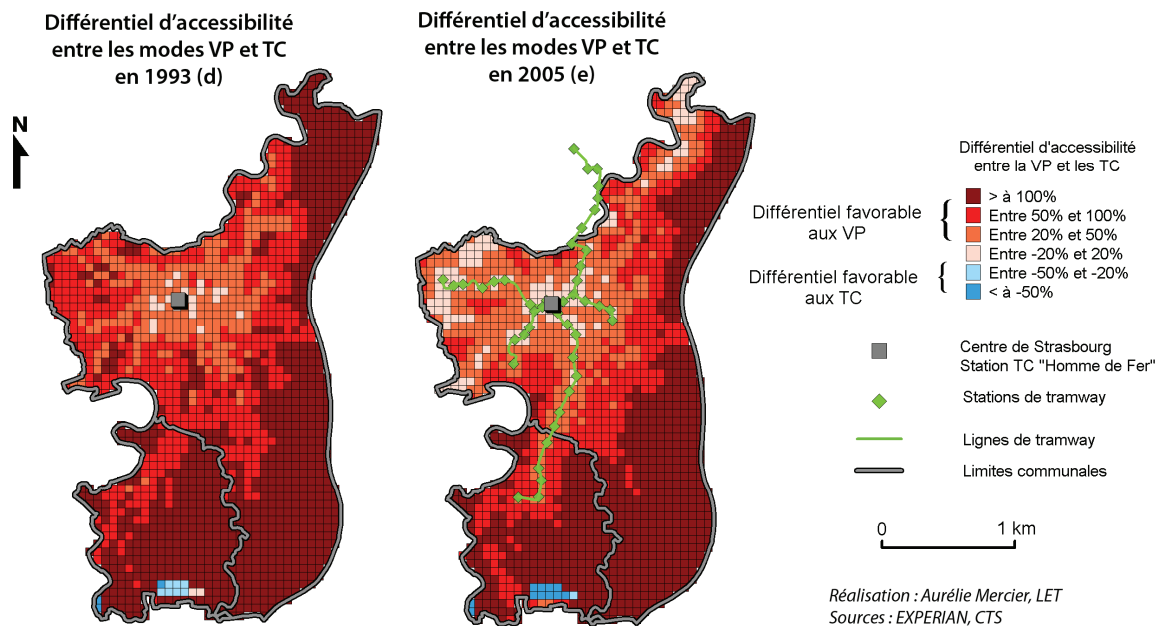


**Carte 2: Evolution de l'accessibilité en transports en commun entre 1993 et 2005**

### *Les transports en commun sont-ils en mesure de concurrencer l'automobile ?*

Faisant suite à la question précédente, l'enjeu de cette seconde étape consiste à évaluer l'effet du tramway sur la compétitivité des transports en commun vis-à-vis de l'automobile (Carte 3). La situation antérieure à la mise en service du tramway laisse apparaître une accessibilité favorable aux automobilistes pour plus de 90% de la population (figure (d)). Seules quelques zones centrales, ou localisées à proximité d'une ligne de bus performante (sud de la l'aire d'étude), présentent une accessibilité comparable pour les deux modes ou favorable aux usagers des modes collectifs. Toutefois la figure (e) illustre une évolution de la situation. La réorganisation du réseau de transports en commun ne se traduit pas directement par un différentiel d'accessibilité favorable aux transports en commun mais elle a permis en revanche d'améliorer la compétitivité de ces derniers sur une partie du territoire. Si les zones du centre-ville sont logiquement concernées, les territoires localisés sur la commune de Strasbourg et à proximité des itinéraires des lignes de tramway présentent en 2005 un niveau d'accessibilité comparable pour les deux modes. Certains quartiers, pas nécessairement localisés à proximité du tramway, bénéficient pourtant de sa mise en service. Les quartiers de Hautepierre (à l'est) et de la Robertsau (au nord) présentent un niveau d'accessibilité comparable en transports en commun et en voiture grâce à la présence de lignes de bus de rabattement très performantes (Carte 3).

## Evolution de la concurrence VP - TC entre 1993 et 2005



**Carte 3 : Evolution de la concurrence entre automobile (VP)  
et transports en commun (TC)**

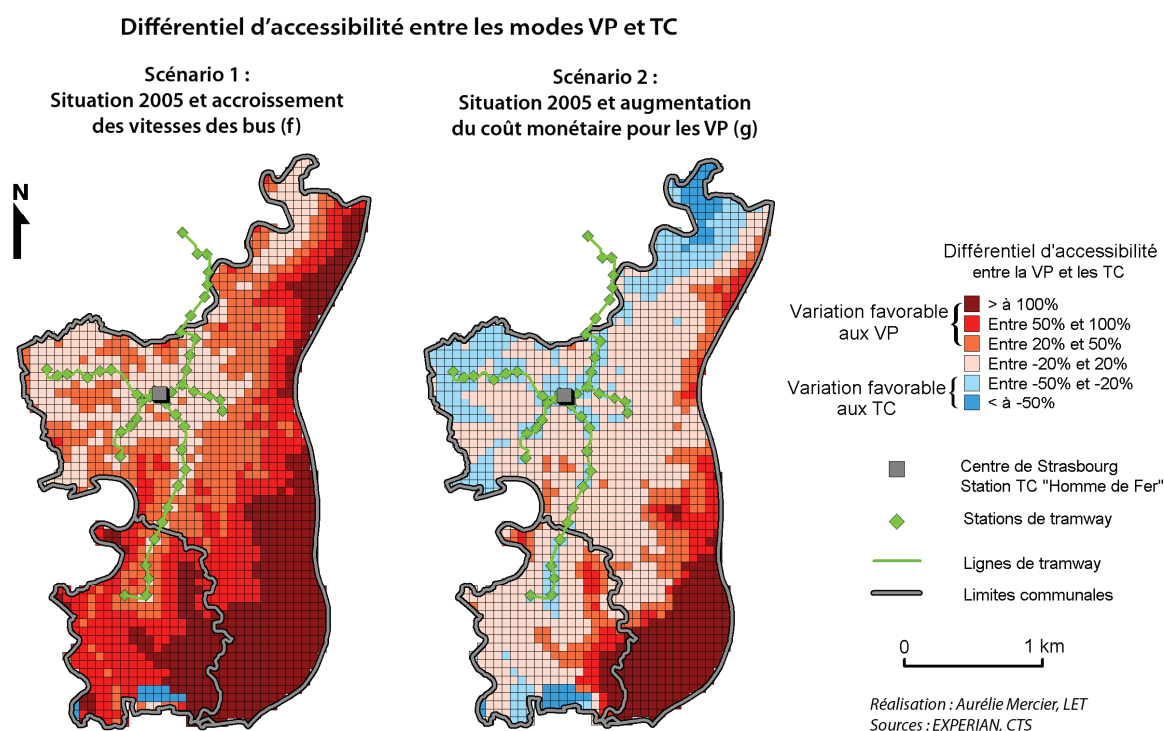
*Quel(s) scénario(s) pour améliorer la compétitivité des transports en commun ?*

Si la mise en service du tramway se traduit par une amélioration de la compétitivité des transports en commun, il n'en reste pas moins que l'automobile demeure le mode le plus compétitif pour la majeure partie de la population (excepté pour les habitants d'une zone située au sud de l'aire d'étude). Se pose dès lors la question de savoir comment inverser cette tendance ou du moins concurrencer la voiture particulière. Une première solution consisterait à améliorer la vitesse des bus en mettant l'intégralité des lignes de bus en site propre. La vitesse des lignes de bus atteindrait celle des lignes de tramway (18 km/h), soit un accroissement de 2.5 km/h de la vitesse des bus et un gain de 13% en termes de temps de déplacement pour les usagers des transports en commun, toutes choses égales par ailleurs. Une hausse de l'accessibilité globale en transports en commun (obtenue en sommant l'accessibilité de chaque micro-zone) est alors observée<sup>9</sup>. En outre, le différentiel d'accessibilité entre la voiture particulière et les transports en commun tend à se réduire en faveur des transports en commun (comparaison entre la figure (e), carte 3 et la figure (f), carte 4). Toutefois, accroître la vitesse des bus présente un coût élevé pour la collectivité (mise en site propre de l'intégralité du réseau de bus, réduction de la place de l'automobile...). Se pose alors la question de savoir comment obtenir le même niveau d'accessibilité globale qu'avec un accroissement des vitesses des bus mais sans engendrer un tel coût pour la collectivité. Ainsi au lieu de favoriser les usagers des transports en commun en améliorant leur temps de parcours, l'idée serait de "pénaliser" les automobilistes en augmentant le coût monétaire de leur déplacement (cet accroissement de coût pouvant prendre la forme d'un péage ou d'une taxe sur le stationnement, par exemple). Il faudrait multiplier le coût monétaire d'un déplacement par 2.5 (celui-ci passant de 0.36€ par km à 0.9 €) pour obtenir une accessibilité, sur l'ensemble de l'aire d'étude, comparable à celle obtenue

<sup>9</sup> Nous ne considérons pas de report modal

en améliorant la vitesse des bus. La figure (g) présente le différentiel d'accessibilité entre les deux modes lorsque le coût monétaire est doublé pour les automobilistes. Certaines zones localisées à l'ouest, au centre, à l'extrême nord et à l'extrême sud de l'aire d'étude, présentent un différentiel d'accessibilité favorable aux transports en commun. Ces zones présentent la particularité d'être parmi les plus peuplées de l'aire d'étude et d'être très bien desservies par les transports en commun (tramway au centre et à l'ouest et lignes de bus de rabattement au nord et au sud). L'accessibilité reste favorable pour les automobilistes résidant dans la partie est de Strasbourg (cette zone présentant toutefois une faible densité de population comme le montre la Carte 2).

## Scénarios pour une amélioration de la compétitivité des transports en commun



**Carte 4 : Scénarios pour une amélioration de la compétitivité des transports en commun (TC)**

### Conclusion

L'objectif de ce papier était de rappeler et d'illustrer la pertinence des mesures d'accessibilité gravitaire dans le cadre de l'évaluation des politiques de transport et/ou d'aménagement du territoire. L'indicateur d'accessibilité gravitaire est pertinent à double titre. Au-delà de sa cohérence avec la théorie économique, il peut être, lorsqu'il est associé à un SIG, facilement lisible et interprété par l'ensemble des acteurs impliqués dans la décision publique.

La cohérence entre la modélisation des comportements de déplacement, le calcul de l'accessibilité gravitaire et du surplus a fait l'objet de la seconde section. Cette dernière a été enrichie par les sections 3 et 4 qui ont présenté le contexte d'utilisation de cet indicateur et les outils requis pour faciliter sa compréhension. L'association de l'accessibilité gravitaire et d'un Système d'Information Géographique permet de calculer et de représenter à une échelle très fine le niveau d'opportunités, pondéré par les coûts de transport, auquel un individu peut accéder.

Nous avons choisi d'utiliser cet outil pour évaluer ex-post les effets d'une politique favorisant les transports en commun sur le niveau d'accessibilité aux emplois des usagers des transports en commun et alimenter ainsi le débat sur la compétitivité entre automobile et transports en commun.

L'illustration cartographique des impacts de la politique révèle plusieurs conclusions. La mise en service des quatre lignes de tramway s'est traduite par un gain généralement positif en termes d'accessibilité pour les usagers des transports en commun. Les principaux « gagnants » sont les résidents des zones desservies ou situées non loin du tramway. Plus surprenant, ces gagnants sont également localisés dans des zones plus éloignées du tramway mais qui y sont reliées par des lignes de bus performantes. Pour les actifs résidant en dehors de ces zones bénéficiaires, la voiture reste le mode offrant la plus grande accessibilité, tout en sachant que la perception du confort qu'ont les usagers dans les transports en commun est prise en compte dans cette étude. Toutefois, nous montrons qu'une baisse du temps de parcours (donc de temps de transport et des correspondances) ou une hausse des coûts de l'automobile ne peuvent inverser la tendance. Elles maintiennent une accessibilité comparable entre les deux modes dans le meilleur des cas.

## Bibliographie

Automobile Club, 1995, Budget annuel de l'automobiliste 1994, Paris.

Ben-Akiva M, Lerman S., 1985. Discrete choice analysis: Theory and Application to Travel Demand. MIT Press, Cambridge, MA.

Ben-Akiva M, Lerman S., Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility. In Hensher, D.A., Stopher, P.R. (eds), *Behavioural travel modelling*, Croom Helm, London, 1979, pp. 698-710.

Bonnafous A., Masson S., « Evaluation des politiques de transports et équité spatiale », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°4, 2003, pp. 547-572.

Bordin P., *SIG : concepts, outils et données*, Paris, Lavoisier, 2002.

Commissariat Général du Plan, Transports : choix des investissements et coût des nuisances, rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux, La Documentation française, Paris, 2001.

Communauté Urbaine de Strasbourg, ADEUS, Rapport annuel de l'observatoire des effets du tramway :2001, 2003.

Cullinane K, An aggregate dynamic model of the parking compliance decision, *International Journal of Transport Economics*, Vol. XX, n°1, 1993, pp. 27-50.

Dong X, Ben-Akiva M., Bowman J., Walker J., « Moving From Trip-Based to Activity-Based Measures of Accessibility », *Transportation Research A*, Vol. 2, 2006, p. 163-180.

Hansen W.G., « How accessibility shapes land use », *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 1959, p. 73-76.

Koenig G., « Théorie économique de l'accessibilité urbaine », *Revue Economique*, n°2, 1974.

Kwan, M., 1998. Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a pointbased framework. *Geographical Analysis* 30 (3), 191-216.

Miller, H.J. (1999) Measuring Space-Time Accessibility Benefits Within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Procedures. *Geographical Analysis*, vol 3, pp. 187-212.

Neuburger H., « User benefit in the evaluation of transport and land use plans », *Journal of Transport Economics and Policy*, 5, 1971, p. 52-75.

Ortuzar J., Willumsen L., *Modelling Transport*, Third Edition, Wiley, 2001.

Raux, C., Souche, S., Mercier, A. (2007) De la modélisation des comportements au calcul économique : l'équité des politiques de transport. In Maurice, J., Crozet, Y. (eds). Les dimensions critiques du calcul économique. Economica, 2007.

Small K.A., Rosen H.S., « Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models », *Econometrica*, vol. 49, n°1, 1981, 105-130.

Wilson A.G., *Entropy in urban and regional modelling*, London, Pion, 1970.